

SIMULATOR NITROGEN PLANT BERBASIS PLC

Faisal Rifki Kafil¹⁾, Ma'un Budiyanto²⁾

^{1,2)}Program Diploma Teknik Elektro FT-UGM Yogyakarta
Jl. Jalan Yacaranda Sekip Unit IV Yogyakarta Telp (0274)-6491302
e-mail: maun_budiyanto@yahoo.com

ABSTRAK

Nitrogen merupakan gas vital dalam dunia industri (khususnya industri perminyakan). Selain gas nitrogen berfungsi sebagai pengisi ruang vakum pada tangki penyimpanan bahan bakar, juga sebagai alat pemadam kebakaran. Pembuatan nitrogen dilakukan dengan beberapa macam cara, salah satunya adalah dengan cara membakar hidrokarbon (biasanya solar) dengan udara bebas (kandungan Nitrogen di udara bebas lebih dari 78%). Dari pembakaran tersebut akan dihasilkan Nitrogen (N_2), Uap air (H_2O), dan Jelaga (CO_2). Simulator nitrogen plant berbasis PLC ini mempresentasikan pengoprasian nitrogen plant secara otomatis dengan bantuan alat kontrol berupa PLC, sehingga kesalahan yang mungkin timbul akibat human error dapat diminimalisir.

Keyword: Nitrogen, Programmable Logic Controller

1. PENDAHULUAN

Dengan kemajuan teknologi yang berkembang pesat mengakibatkan industri sebagai produsen atau penghasil barang menggunakan cara-cara otomatisasi untuk meningkatkan jumlah hasil barang yang diproduksinya secara efektif dan efisien. Salah satu peralatan kontrol yang saat ini banyak digunakan di dunia industri guna mencapai tujuan tersebut adalah PLC (*programmable logic controller*). Sebelum adanya PLC, sistem kontrol yang digunakan di industri adalah sistem konvensional, sehingga untuk mengendalikan suatu peralatan yang sederhana saja membutuhkan banyak sekali komponen elektronik (seperti: *relay*, *timer*, *counter* dan sebagainya), untuk pengawatannya pun sangat rumit. Akan tetapi setelah ditemukannya sistem kontrol dengan PLC keadaan di atas tidak perlu lagi terjadi. Karena PLC sudah dilengkapi dengan komponen yang diperlukan untuk membuat suatu sistem kendali. Sehingga pada saat membuat sebuah sistem kontrol suatu peralatan, tinggal memprogram PLC tersebut sesuai dengan fungsi alat yang diinginkan. Sehingga dalam perancangan rangkaiannya pun menjadi lebih sederhana, lebih efektif dan efisien.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Nitrogen Plant

Nitrogen merupakan gas yang vital dalam dunia industri (khususnya industri perminyakan). Fungsi gas nitrogen sebagai pengisi ruang vakum pada tangki penyimpanan pada saat isi dari tangki tersebut dipompa keluar, juga sebagai alat pemadam kebakaran secara umum, dan juga untuk pemadam kebakaran pada saluran gas buang (*flare*) ketika terjadi aliran balik api. Dengan fungsi Nitrogen yang begitu penting itulah maka pembuatan gas nitrogen di perusahaan perminyakan adalah hal yang sangat diperlukan.

Pembuatan nitrogen dapat dilakukan dengan beberapa macam cara, diantaranya adalah dengan sistem *adsorber* (penyerapan dengan bantuan bahan/senyawa khusus), sistem *destilasi* (pada suhu tertentu), dan yang terakhir adalah dengan cara membakar hidrokarbon dengan udara bebas. Hidrokarbon disini bisa berupa solar, *kerosine* (minyak tanah), metan, etan, dan lain-lain.

2.2. Peralatan-peralatan pada nitrogen plant

Secara garis besar, bagian *ouput* terdiri dari lima macam peralatan. Masing-masing peralatan tersebut adalah:

a. *Blower*

Blower digunakan untuk men-suply udara agar reaksi pembakaran berjalan dengan sempurna. Tanpa adanya *blower*, campuran (*mixing*) antara udara dan *fuel* yang tidak akan sempurna akan mempengaruhi kadar Nitrogen yang dihasilkan. angin dari *blower* juga dimanfaatkan sebagai "pembersih" ruang pembakaran (*combustion chamber*) sebelum unit dijalankan, dan sesaat sebelum unit mati (*normal shutdown*). Dalam bentuk aslinya *blower* adalah kipas raksasa. Dalam Simulator pun, *blower* di simbolkan dengan kipas, yaitu kipas komputer dengan catu daya 12 Volt DC.

b. Fuel Pump

Fuel pump dibagi menjadi dua macam, yaitu *fuel pump pilot* dan *fuel pump* utama. Keduanya mempunyai fungsi sama yaitu memompa Hidrokarbon (*fuel*) masuk ke ruang bakar (*combustion chamber*). Di dalam Simulator, pompa yang digunakan adalah pompa akuarium dengan tegangan sumber sebesar 220 VAC.

c. Igniter.

Fungsi utama *igniter* adalah menimbulkan percikan api/bunga api yang dapat menyulut terjadinya api. Dengan istilah lain, *igniter* adalah pematik. Di dalam simulator, *igniter* yang dipakai adalah rangkaian koil dan busi kendaraan bermotor yang dibantu dengan motor kipas AC yang telah dimodifikasi. Motor kipas AC ini berfungsi sebagai pemutus-sambung arus (dengan bantuan platina kendaraan bermotor) sehingga dihasilkan tegangan induksi yang cukup besar pada busi.

d. Flame Indicator.

Flame indicator merupakan alat/sensor pendeteksi ada atau tidaknya api. Bila dideteksi adanya api, maka proses berlanjut ke tahapan berikutnya. Tapi bila tidak dideteksi adanya api, maka proses akan dialihkan atau membangkitkan alarm. Seperti halnya *Fuel pump*, *Flame indicator* juga ada dua macam tipe, yaitu *pilot flame indicator* (untuk pendeteksi api di ruang bakar pilot) dan *main flame indicator* (untuk pendeteksi api di ruang bakar utama). Di dalam Simulator, *flame indicator* diistilahkan dengan Saklar.

e. Katub Pembuangan dan Katub Pengisian.

Katub pengisian dibuka apabila produk Nitrogen yang dihasilkan memiliki kadar oksigen antara 1-4 %. Apabila kadar oksigen dari produk nitrogen diluar batasan tersebut, maka katub pembuangan akan dibuka untuk membuang produk nitrogen yang *offspec* tersebut ke udara bebas.

Katub pembuangan dan katub pengisian dipresentasikan dengan LED warna hijau dan merah. Warna hijau untuk pengistilahan katub membuka dan warna merah sebagai pengistilahan katub menutup. Pada saat katub pengisian terbuka (produk nitrogen diisikan ke tangki penyimpanan) maka katub pembuangan akan menutup. Begitu pula sebaliknya, pada saat katub pembuangan terbuka, maka katub pengisian akan tertutup.

2.3. Cara kerja nitrogen plant

Kerja *nitrogen plant* diawali dengan penekanan tombol *start*. Ketika tombol *start* ditekan maka PLC akan aktif lalu membangkitkan *Blower*. Tugas *Blower* ini adalah mencampur udara dengan *fuel* dimana keduanya merupakan masukan (*feed*) dari *nitrogen plant* tersebut. Ketika *blower* sudah aktif, beberapa saat kemudian *igniter* akan aktif dan memantik api. Setelah *Igniter* aktif, pompa *fuel* untuk pilot (*pilot fuel pump*) akan aktif dan memompa *fuel* ke ruang pembakaran pilot. *Fuel* disini bisa berupa Solar, Minyak tanah, Methan, Ethane, dan lain sebagainya. Pertemuan antara Percikan api dari *Igniter* dan *fuel* yang dipompakan oleh pompa akan menyebabkan *fuel* terbakar menurut reaksi berikut:



Dengan bantuan *flame indicator*, nyala api dapat dideteksi, bila api tidak terdeteksi (gagal menyala) maka pompa *fuel* untuk *pilot* akan berhenti dan operasi akan diulang dari awal (*reset*). Namun bila *Flame Indicator* mendeteksi adanya api, maka *fuel pump* utama akan menyala dan memompa *fuel* ke ruang bakar utama (di ruang bakar utama juga memiliki *Flame Indicator* yang fungsinya sama persis dengan *Flame Indicator* yang ada di ruang bakar *pilot*). *Fuel* dipompakan ke ruang bakar *pilot* sebelum ke ruang bakar utama agar tidak terjadi ledakan pada ruang pembakaran. Ukuran ruang bakar *pilot* ini jauh lebih kecil daripada ukuran ruang pembakaran utama.

Gas hasil pembakaran yang berupa Nitrogen dilewatkan penyaring (*tray*) untuk menghilangkan beberapa *impurities* yang masih terkandung didalamnya. Setelah itu, Nitrogen ini dilewatkan *Oxygen analyzer* untuk diperiksa kandungan Oksigennya. Apabila kandungan Oksigennya antara 1 - 4 % dari total keseluruhan volume, maka nitrogen tersebut dianggap layak pakai dan disimpan di tangki penampungan. Namun, bila kandungan oksigen melebihi 4 %, atau dibawah 1% maka Nitrogen tersebut tidak dapat dipakai dan dibuang ke udara bebas.

2.4. Programmable Logic Controller (PLC)

PLC adalah suatu peralatan elektronik yang bekerja secara digital, memiliki memori yang dapat diprogram, menyimpan perintah-perintah untuk melakukan fungsi-fungsi khusus, seperti *logic*, *sequencing*, *timing*, *counting* dan *aritmatik* untuk mengontrol berbagai jenis mesin atau proses melalui modul *input / output* analog atau digital".

Pada dasarnya PLC merupakan suatu peralatan *microprocessor* serbaguna yang dirancang khusus untuk dapat beroperasi dalam lingkungan industri yang kotor (berdebu), tingkat kebisingan yang tinggi, fluktuasi temperatur yang besar (0⁰-60⁰) dan kelembaban relatif antara 0%-95%.

Di dalam otak PLC dapat di bayangkan seperti kumpulan ribuan relai. Akan tetapi bukan berarti didalamnya terdapat banyak relai dalam ukuran yang sangat kecil, namun Didalam PLC berisi rangkaian elektronika digital yang dapat difungsikan seperti kontak NO dan kontak NC relai.

Pada prinsipnya sebuah PLC melalui modul *input* bekerja menerima data-data berupa sinyal dari peralatan *input* luar (*external input device*) dari sistem yang dikontrol. Peralatan *input* luar tersebut antara lain berupa saklar, tombol, dan sensor. Data-data masukan yang masih berupa sinyal analog tersebut akan diubah oleh modul *input* A/D (*analog to digital input module*) menjadi sinyal digital. Selanjutnya oleh unit *processor central* atau CPU (*central processing unit*) yang ada di dalam PLC sinyal digital itu diolah sesuai dengan program yang telah dibuat dan disimpan di dalam ingatan (*memory*). Selanjutnya CPU mengambil keputusan dan memberikan perintah, melalui modul *output* dalam bentuk sinyal digital. Kemudian oleh modul *output* D/A (*digital to analog output module*) sinyal digital itu bila perlu diubah menjadi sinyal analog. Pada akhirnya sinyal analog inilah yang mampu menggerakkan peralatan *output* luar (*external output device*) dari sistem yang dikontrol seperti kontaktor, relai, *solenoid valve*, *heater*, *alarm*, dan lampu indikator.

a. Pemrograman PLC

Pemrograman PLC dapat dilakukan dengan membuat *ladder diagram*. *Ladder diagram* bisa dibuat melalui komputer yang terinstallkan suatu *software* khusus untuk memprogram PLC. Contoh-contoh *software* tersebut antara lain SysWin (untuk PLC omron), Micro Win S7 (Siemens), KGL_Win (LG), serta GX Developer (Mitsubishi).

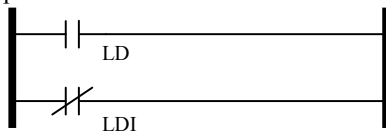
Cara lain memprogram PLC adalah dengan menuliskan program tersebut pada suatu alat khusus yang biasa disebut *hand held*. Bahasa yang digunakan pada pemrograman PLC berupa bahasa Mnemonic.

b. Instruksi dalam PLC

- LD-LDI (*Load-Load Inverse*)

Instruksi LD dan LDI digunakan untuk membuat sebuah awalan pada ladder diagram. Instruksi LD dipakai saat membuat kontak *normally open* (NO), atau kontak yang kondisi awalnya terbuka. Sedangkan LDI digunakan untuk membuat kontak *normally close* (NC) atau kontak yang kondisi awalnya tertutup.

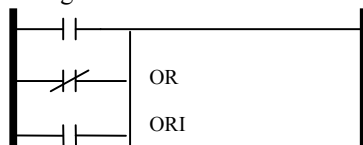
Contoh aplikasi LD dan LDI:



Gambar 1. Instruksi LD dan LDI

- OR-ORI (*OR Inverse*)

Instruksi ini digunakan bila kita membutuhkan dua buah masukan yang dipasang secara paralel. Masukan pertama (yang merupakan awalan dari *network*) adalah LD atau LDI (atau dalam beberapa kasus bisa berupa instruksi lain seperti AND dan ANI), sedangkan masukan-masukan berikutnya adalah OR atau ORI (*OR Inverse*). Instruksi OR digunakan untuk membuat kontak *Normally Open* (NO) secara paralel, sedangkan instruksi ORI digunakan untuk membuat kontak *Normally Close* (NC) secara paralel.

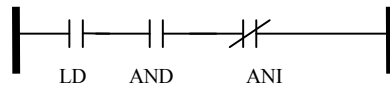


Gambar 2. Instruksi OR-ORI

- AND-ANI (*AND Inverse*)

Instruksi ini digunakan pada saat kita membutuhkan lebih dari satu kontak (baik NO maupun NC) pada satu *network*. Instruksi ini digunakan setelah instruksi LD atau LDI. Dengan kata lain, instruksi AND dan ANI adalah kontak *normally open* (untuk AND) dan *normally close* (untuk ANI) yang bukan ditempatkan pada awal suatu *network*.

Contoh aplikasi AND dan ANI:

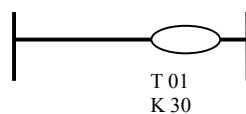


Gambar 3. Instruksi AND-ANI

• TIMER

Instruksi timer pada PLC pada prinsipnya sama dengan *timer-timer* konvensional, yaitu mengubah kondisi suatu instruksi setelah beberapa saat (tergantung dari lama penyetelan waktu). *Timer* dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu *timer On delay* dan *timer Off delay*. *Timer on delay* digunakan untuk mengaktifkan instruksi lain setelah beberapa saat. Sedangkan *timer Off delay* digunakan untuk men-tidak aktifkan suatu instruksi lain setelah beberapa saat.

Contoh aplikasi Timer:

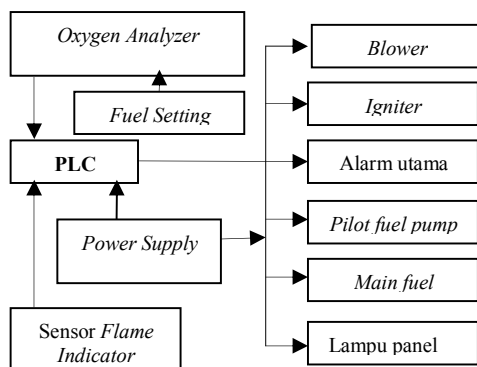


Gambar 4. Instruksi Timer

3. METODE PENELITIAN

Perancangan Alat.

Simulator *nitrogen plant* dirancang untuk memperagakan pembuatan Nitrogen dengan pengontrolan dilakukan oleh PLC. Dalam memproduksi nitrogen tersebut, operator cukup sekali menekan tombol *start* untuk memulai proses dan menekan tombol *stop* untuk menghentikan proses. Blok diagram sistem terlihat pada gambar 5.



Gambar 5. Blok diagram alat

Urutan kerja alat adalah sebagai berikut:

1. Ketika tombol *stop* ditekan, *blower* akan aktif. Fungsi utama *blower* adalah sebagai penyedia udara di ruang bakar (*combustion chamber*). Selain itu, *blower* disini juga berfungsi sebagai pembersih ruang bakar dari sisa-sisa pembakaran terdahulu. *Blower* akan aktif terus menerus selama proses pembakaran.
2. Setelah *blower* aktif, delapan detik kemudian *igniter* akan aktif. Fungsi *igniter* adalah memercikkan bunga api yang nantinya akan menyulut api di ruang pembakaran. *Igniter* akan aktif selama 10 detik.
3. *Pilot fuel pump* akan aktif 5 detik setelah *igniter* aktif. Hidrokarbon (*fuel*) yang dipompakan oleh *pilot fuel pump* akan terbakar karena adanya bunga api yang dipercikkan oleh *igniter*. *Pilot fuel pump* akan aktif selama 16 detik.
4. Setelah *Pilot fuel pump* aktif, *sensor flame indicator pilot* akan mendeteksi ada atau tidaknya api. Dalam hal yang sebenarnya, *sensor flame indicator* ini menangkap adanya tanda-tanda api seperti ada/tidaknya sinar UV, intensitas cahaya, dan lain-lain.

Bila terdeteksi adanya api, maka sistem akan terus bekerja (mengaktifkan *Main fuel pump*) namun bila *sensor flame indicator pilot* tidak menangkap tanda-tanda adanya api, maka sistem akan mengulang kembali ke tahapan *blower* dihidupkan (lihat gambar 3.2) yang nantinya akan melewati tahapan yang sama dengan tahapan yang sebelumnya.

5. Syarat *Main fuel pump* aktif adalah bila sensor *Flame Indicator pilot* mendeteksi adanya api. *Main fuel indicator* akan aktif sesaat sebelum *Pilot fuel pump* mati. Pompa ini memompakan Hidrokarbon (*fuel*) ke ruang bakar utama sehingga terjadi reaksi pembuatan Nitrogen. Hasil pembakaran (yang berupa Nitrogen) akan di bersihkan dahulu dengan melewati produk ke *tray-tray* (sekat –sekat) yang berisi pembersih. Tujuan pembersihan ini agar *impurities* yang masih terbawa di Nitrogen berkurang, sehingga produk dapat digunakan secara maksimal.
6. Nitrogen yang telah dibersihkan lalu dilewatkan sensor *Oxygen Analyzer* untuk diperiksa kadar Oksigennya. Nitrogen yang baik memiliki kadar Oksigen antara 1-4 %. Bila nilai kadar Oksigen yang terkandung ada di batasan 1-4%, maka Nitrogen dikatakan baik dan di tempatkan ke tangki lewat katup pengisian. Sebaliknya, bila kadar Oksigen tidak berada pada batasan tersebut, maka Nitrogen dinyatakan gagal produk (*offspec*) dan dibuang ke udara lewat katub pembuangan. Saat kadar oksigen berada diluar ambang batas yang dibolehkan (1-4%) maka PLC akan memberitahu operator lewat alarm yang ada di panel. Alarm ini berupa LED yang berkedip. Bila hal ini terjadi, operator harus segera mengatur banyaknya *fuel* yang masuk ke ruang bakar dengan cara men-*setting* debit *fuel* tersebut sehingga terjadi keseimbangan antara *fuel* dan udara di ruang pembakaran. *Penyettingan* akan menyebabkan kadar oksigen pada produk (Nitrogen) berada di ambang batas yang dibolehkan. *Penyettingan* debit *fuel* ada dua macam. Yang pertama adalah *setting* memperbesar debit dan yang kedua adalah *setting* memperkecil debit *fuel*.
Setting memperbesar debit *fuel* dilakukan bila pada ruang pembakaran, *fuel* yang dipompakan kurang banyak (kadar Oksigen diatas 4 %). Sedangkan *setting* memperkecil debit *fuel* dilakukan bila pada ruang pembakaran, *fuel* yang dipompakan terlalu banyak (kadar Oksigen dibawah 1%).
Ketika katup pembuangan terbuka (Nitrogen dibuang), maka secara otomatis, PLC akan menutup katup pengisian. Begitu pula sebaliknya. Katub pengisian dan pembuangan dipresentasikan dengan LED warna hijau (pada saat kondisi katub terbuka) dan warna merah (pada saat kondisi katub menutup).
7. Alarm utama akan menyala apabila *flame indicator* utama tidak mendeteksi adanya api. Alarm hanya bisa dimatikan dengan cara menekan tombol *reset* atau *emergency stop*. Namun bila salah satu dari kedua tombol tersebut tidak ditekan, secara otomatis PLC akan mematikan sistem (*auto shutdown*) dalam kurun waktu 10 detik dari pertamakali alarm menyala.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

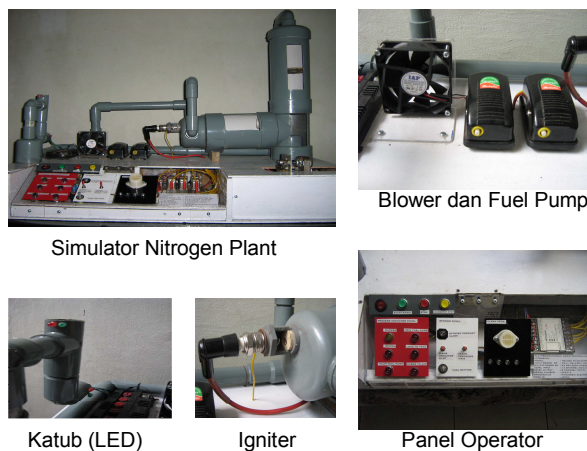
Dalam proses kerjanya, *nitrogen plant* akan aktif setelah penekanan tombol *start* (alamat X 00). Pada kondisi normal (tanpa terjadi kegagalan proses), PLC akan membangkitkan peralatan secara berurutan mulai dari *blower*, *igniter*, *pilot fuel pump*, dan yang terakhir adalah *main fuel pump*. Sensor *oxygen analyzer* akan menganalisa kadar Oksigen dalam produk Nitrogen. Bila kadar diluar batas yang telah ditetapkan (1-4% dari total volume) maka input PLC di alamat X 05 akan aktif dan membuka katub pembuangan dan juga menutup katub pengisian.

Nitrogen plant akan terus menerus memproduksi Nitrogen hingga tombol *stop* ditekan. Penekanan tombol *stop* ini tidak serta merta mematikan *Nitrogen Plant*. Namun ada waktu jeda (*off delay*) selama lima detik untuk mematikan *main fuel pump* dan sepuluh detik untuk mematikan *blower*.

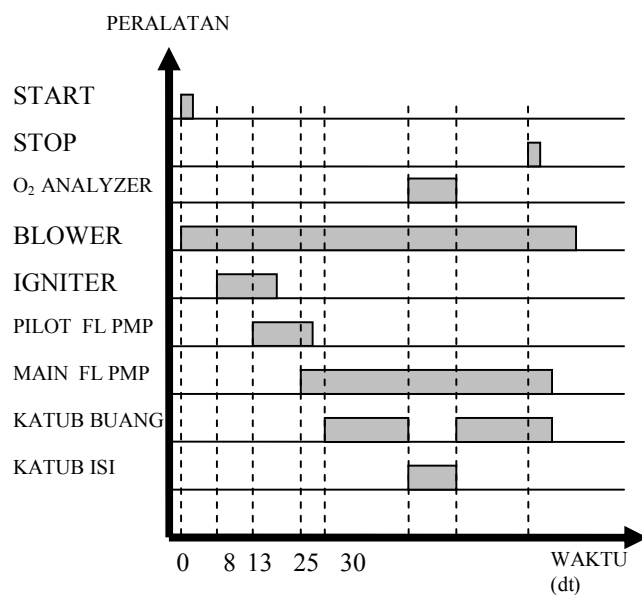
Alasan *blower* dimatikan terakhir adalah agar sisa-sisa gas pembakaran dapat tertiuap keluar (*blow out*) sehingga di ruang pembakaran tidak lagi menyisakan gas-gas sisa. Gas sisa pembakaan yang tidak ditiup keluar, pada kondisi tertentu dapat mengakibatkan ledakan pada ruang pembakaran.

Setting lama pewaktuan dapat diatur lewat PLC dengan mengubah konstanta pada bagian *timer*. Apabila terjadi kegagalan (di ruang bakar pilot), maka program akan mengulang dari tahap *blower* dihidupkan. Lama waktu pengulangan tergantung dari berapa banyak terjadi kegagalan. Tiap pengulangan akan memakan waktu tambahan 29 detik. Terjadinya kegagalan tidak mempengaruhi kualitas dari Nitrogen yang dihasilkan, karena Nitrogen dihasilkan setelah *main fuel pump* aktif. Dan *main fuel pump* tidak akan aktif apabila masih terjadi kegagalan.

Untuk lebih jelasnya, urutan waktu proses yang disajikan lewat *timing diagram* sebagai berikut:



Gambar 7. Tampilan Simulator N₂



Gambar 8. timing diagram alat

5. KESIMPULAN

Simulator *nitrogen plant* dengan menggunakan PLC Mitsubishi tipe FX 0s-20MT-D sebagai pengendali (*timer, relay*) dan menggunakan saklar yaitu saklar toggle untuk *flame indicator*, dan saklar untuk sensor *oxygen analyzer* dapat dibuat untuk mensimulasikan pembuatan nitrogen.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Budiyanto M dan Wijaya A, 2003, *Pengenalan Dasar-Dasar PLC*, Gava Media, Yogyakarta.
 Suhandoyo R, 2006, *Proses Kontrol dan Instrumentasi Kilang*, Handbook BPAT PT.Pertamina (persero) UP.IV, Cilacap.
 Yulianto A, 2006, *Panduan Praktis Belajar PLC*, Elexmedia Komputindo, Jakarta.
 ----, 2007, *Mitsubishi Programming Manual*.
 ----, 1996, *Buku Petunjuk Pemakaian PLC Omron Jenis CPM1*, Jakarta.